УДК 530.10+530.077

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

В.В. Ларионов

Томский политехнический университет
E-mail: larionov@tpu.edu.ru

Изложены основные принципы организации проектно-ориентированного обучения, на основе которых рассмотрены примеры методического обеспечения семинарских занятий, лабораторного практикума по физике для инженерного образования

Компьютеризация современных образовательных технологий позволяет широко внедрять проектно-ориентированное обучение (ПОО) в курс физики технических университетов. Модульно-кредитная схема учебной деятельности в свете нормативов Болонского процесса [1] позволяет изменить структуру практических занятий и лабораторного практикума, особенно виртуального, путем дополнения проектными задачами и инновационно-проектным содержанием в целом. Различного рода варианты проектов реализуются следующими способами при их взаимных сочетаниях.

1. Системно-ориентированный проект, когда проводится моделирование профессиональной деятельности.

2. Технолого-ориентированный проект, при котором широко используется исследование различных веществ, например, студенты строительных специальностей изучают электрические поля конденсаторов, диэлектрической средой которых служит кирпич, бетон и т.д., химико-технологических специальностей – спектры поглощения различных растворов, масел, бензина и т.д.

3. Традиционно-ориентированный проект, в котором в основном прививается получение экспериментальных навыков.

К настоящему времени полного методического обеспечения по физике в рамках и схемах ПОО не создано, хотя основные положения данного метода обеспечивают усиленную мотивацию к обучению и в разных вариантах применяются в странах Европы. Не вызывает сомнения целесообразность применения ПОО для открытого и элитного образования. Существующая научно-методическая база по всем разделам физики, а также стандартный виртуальный практикум [2, 3] позволяют это сделать сравнительно просто и эффективно.

Таким образом, традиционная схема методического обеспечения преподавания физики требует дополнения, на наш взгляд, на основе принципов, предлагаемых в настоящей работе. Анализ этих принципов составляет новизну и цель данной статьи.

Проектные задачи и проектные виртуальные лабораторные работы должны соответствовать, по крайней мере, трем основным принципам:

1. полноты физической системы;

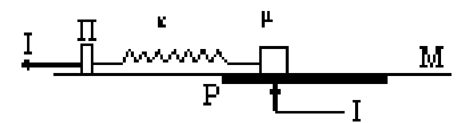


Рис. 1. Пружинный маятник

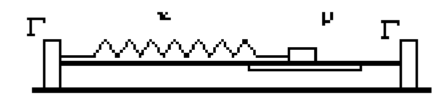


Рис. 2. Пружинный маятник в магнитном поле

2. поиска противоречий физической системы и методов их разрешения;

3. технологичности технических решений, реализуемых в проекте.

Рассмотрим применение предложенных принципов по схеме ПОО для изучения колебательных систем (рис. 1).

Пусть пружина маятника с жёсткостью k и грузом массой m закреплена с помощью стойки П. Груз колеблется в горизонтальной плоскости с частотой $щ_0 = \sqrt{к/μ}$. В типичных задачах ограничиваются исследованием зависимости $ω_0$ от k и m. Применим сформулированные принципы для изучения данной простейшей системы по схеме ПОО. Согласно принципу полноты физической системы расширяем исследования. Плоскость М в нашем проекте заменяем проводящей немагнитной опорой Р. Через пружину пропускаем постоянный ток. В этом случае пружина становится соленоидом и в результате действия собственного магнитного поля длина пру $\Delta\ell = ММ_0 {}^{N\ 2ΣI\ 2} / 2^{к}\ell^2$, еличину

где μ – магнитная проницаемость среды, $μ_0$ – магнитная постоянная, S – сечение пружины, ℓ – длина пружины в начальном состоянии, I – ток, протекающий по пружине, имеющей определенную индуктивность L, число витков N и омическое сопротивление R. При включении и выключении тока нарастание и спад тока со временем t происходит по закону

$$I = I_0\left[1 - \exp\left(-\frac{P}{Λ}τ\right)\right],$$

где I_0 – стационарное значение тока в цепи пружины.

Это явление легко моделируется, а в виртуальном варианте с применением FLASH-технологий хорошо видно как сжимается пружина с течением времени t.

Магнитное поле можно создать внешними источниками (рис. 2), например, катушками Гельмгольца – Г.

В рассматриваемом виртуальном проекте производится обоснование выбора источника магнитного поля. Для этого нами создан банк виртуальных магнитных полей и система подсказок, размещенных на отдельных файлах выполняемого проекта. Внешние воздействия на изучаемую пружину можно осуществить иным способом, например, на "микроуровне". Так, для снятия намагниченности пружины ее нужно нагреть до температуры Кюри T_k, или пропуская ток I_k, или воздействуя внешним нагревателем. Виртуальная картина обеспечивает при этом наглядное изменение частоты колебаний нашего пружинного маятника. Проект продолжаем, заменяя магнитное поле электрическим (рис. 3).

Груз маятника m изолируем и сообщаем ему электрический заряд Q и всю систему помещаем в электрическое поле Е плоского конденсатора, где Е = = $σ/εε_0$, σ – поверхностная плотность заряда на пластинах конденсатора, ε – диэлектрическая проницаемость среды, $ε_0$ – электрическая постоянная. Частота колебаний маятника m в этом случае равна

$$щ_0 = \sqrt{\frac{к}{μ} - \frac{ΘΕ}{μ\ ξ_0}}, (*)$$

где x_0 – амплитуда колебания. Подчеркнем, что в этих примерах нами использован принцип полноты физической системы для формирования технических решений при одновременном изучении сути физических явлений. Заметим, что предложенные решения позволяют создать виртуальный или даже реальный прибор по измерению статического электричества, накапливающегося на поверхностях тел (прибор для измерения статического электричества). Для этого меняем подложки Р, измеряем частоту колебаний и определяем Q по формуле (*). Формулу (*) можно преобразовать для измерения заряда при наличии сухого трения.

Далее в проекте обращаем внимание на то, что смещение точки А (рис. 3) в положение А′, показанное на рис. 4, приводит к качественным изменениям движения тела m.

Пусть длина пружины в нерастянутом 1 положении ℓ_0, расст ие по перпендикуляру от А′ до прямой хх′ равно ℓ_0. При $\ell > \ell_0$ положению равновесия соответствует растянутое состояние пружины (пружина зафиксирована в т. Б), расположенной вертикально. Частота колебаний в этом случае равна

$$щ = \sqrt{\frac{к}{μ}\left(1 - \frac{\ell_0}{\ell}\right)}.$$

Если $\ell = \ell_0$ колебания как бы "отсутствуют". При $\ell < \ell_0$, в вертикальном положении пружина сжата. Это положение пружины соответствует неустойчивому

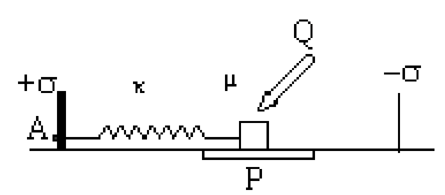


Рис. 3. Пружинный маятник в электрическом поле

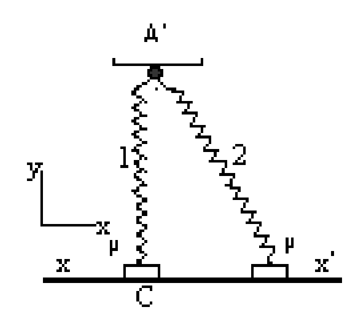


Рис. 4. Нелинейный осциллятор

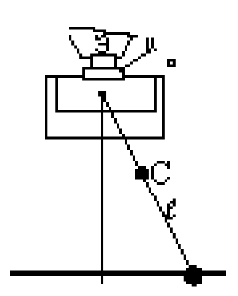


Рис. 5. Маятник с подвижной точкой подвеса

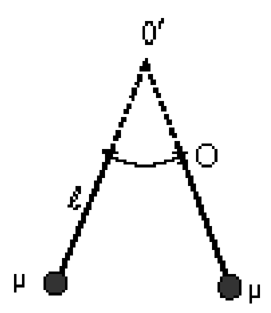


Рис. 6. Синхронные колебания тел (сдвиг фаз равен нулю)

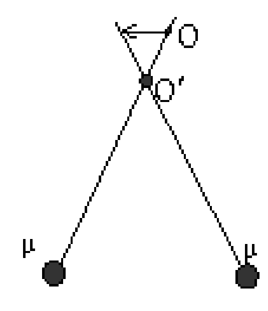


Рис. 7. Асинхронные колебания тел (сдвиг фаз равен 180°)

равновесию, движение вблизи которого не может быть колебательным. Однако существуют два равноправных положения равновесия 2, расположенные симметрично относительно С. В этом случае частота колебаний рассчитывается иначе

$$щ = \sqrt{\frac{\kappa}{\mu}\left(1 - \left(\frac{\ell^2}{\ell_0^2}\right)\right)}.$$

В ситуации, когда $\ell = \ell_0$ пружина не растянута и не сжата, точка С является положением устойчивого равновесия. В этом случае

$$\omega = \frac{2\pi\xi_{max}}{22,4\sqrt{\frac{\kappa}{\mu}} \cdot \ell},$$

где x_{max} – максимальное смещение по оси x.

Колебания перестают быть гармоническими, становятся явно нелинейными, несмотря на то, что смещение $\xi << \ell$. Происходит качественное изменение движения. Это наиболее ощутимо при действии вынуждающей гармонической силы, направленной по оси x. Уравнение движения при этом имеет вид [4]

$$\ddot{\xi} + 2\delta\dot{\xi} + \omega_0^2\xi + \gamma\xi^3 = \left(\frac{\Phi_0}{\mu}\right)\cos\Omega\tau$$

или

$$\ddot{\xi} + 2\delta\dot{\xi} + б_0^2\xi - \xi^3 = A_1\cos\Omega_1\tau + A_2\cos\Omega_2\tau,$$

где δ – коэффициент затухания, A_1, A_2, F_0 – амплитуды колебаний внешних сил, Ω, Ω_1, Ω_2 – частоты колебаний внешних сил, $\alpha = щ_0^2/2$ [5].

Даже при бесконечно малом отклонении тела из состояния равновесия возникают нелинейные эффекты. Развивается динамический хаос, техническая функция которого весьма красива и неожиданна [6] и проявляется как в микроскопических, так и макроскопических системах, в механических и оптических, классических и квантовых. Этими примерами нами обозначен принцип противоречивости в физических системах, выделены и отмечены эффекты, которые значимы как технические новинки, и которые противоречат устоявшимся представлениям. Очень важно, что именно в классической колебательной системе при $\Delta\xi << \ell$ возникают нелинейные эффекты (осциллятор Даффинга) или образуются кластеры и фракталы в случае оптического осциллятора [6].

В нашем виртуальном приборе (рис. 3) колебания также “пропадают” при увеличении на маятнике m заряда Q до значения Q_{eff}, а частота колебаний ω стремится к нулю. При соответствующих параметрах прибора с его помощью можно моделировать и регистрировать накопление статического электричества. Кроме того, и здесь возможны нелинейные эффекты. Прибор можно назвать "электрическим осциллятором Даффинга". При анализе его работы изучаем и моделируем: 1) влияние трения; 2) влияние заряда Q на внешнее электрическое поле; 3) закон сохранения заряда; 4) влияние материала подложек. Подсказки по этим вопросам сформированы в отдельный файл help 1, help 2 проекта с соответствующим паролем и ограничением на доступ, и могут быть использованы студентами при выполнении как данного, так и аналогичного виртуальных проектов. В приведенных примерах легко выделить принцип технологичности физической системы при ее модификациях. Принцип противоречивости и технологичности реализован при применении управляющего теплового эффекта (тепло Кюри). С одной стороны при пропускании тока через пружину создается собственное магнитное поле, которое изменяет свойства пружины, а с другой стороны при большом количестве джоулевого тепла, выделяемого током, этот эффект исчезает.

Из сказанного следует также, что инновационные и технические решения совмещаются с обучающей педагогической деятельностью, т.к. изучены соответствующие разделы традиционной рабочей программы по физике технического университета.

Остановимся на некоторых демонстрационных виртуальных экспериментах для лекционных, практических и лабораторных занятий. Рассмотрим колебательную систему, представленную на рис. 5.

Брусок M скользит без трения. С ним соединена масса m с помощью легкого стержня ℓ. В задаче находят частоту колебаний тела m с помощью закона сохранения импульса и понятия центра масс. Колебания происходят с частотой

$$щ = \sqrt{\frac{\gamma}{\ell}\left(\frac{M + \mu}{M}\right)},$$

где g – ускорение свободного падения.

Нас интересует модификация данной физической системы по предложенным принципам ПОО в виртуальном виде. Цель виртуального проекта состоит в создании лабораторной работы и демонстрационного эксперимента, причем решение должно быть технологическим. Для изменения ω изменяем массы M и m. Процесс изменения масс подчеркивает технологичность

приемов модификации: 1) изменение массы M производим добавлением и съемом грузиков m_0 с помощью электромагнита Э (решается, в каком случае и как можно добавить или снять один груз или одновременно два груза и т.д.; 2) массу M изменяем, насыпая песок в корзину K (см. рис. 5); 3) изменение массы m производим добавлением дополнительных грузиков $_0$, 4) выясняем, что произойдет, если к телу M приложить периодическую горизонтально направленную силу $F=F_0\sin\Omega t$, где F_0 – амплитуда внешней силы, Ω – ее частота. Отметим, что эксперимент можно организовать как проектно-ориентированное тестирование.

На этом же примере для лекций осуществлена виртуальная иллюстрация фазовых соотношений при вынужденных колебаниях. Если на тело M действовать силой F с частотой $\Omega < \omega_0$, то возникают вынужденные колебания, как если бы ℓ стало длиннее и точка подвеса переместилась в точку O′, при этом направления движения тел m и M совпадают, т.е. колебания происходят в одинаковых фазах (рис. 6). Если тело M колеблется с частотой, превышающей $\Omega > \omega_0$, то точка подвеса смещается вниз (рис. 7), относительно точки O. Точка O и тело m движутся в противоположных фазах.

Заключение

Рассмотренные принципы организации ПОО позволяют совершенствовать преподавание физики в техническом университете и при значительном сокращении аудиторных занятий активизируют самостоятельную работу в виде предлагаемых проектов, которые в свою очередь обеспечивают дополнительную мотивацию обучения и с интересом воспринимаются студентами. На основе приведенных примеров можно организовать проектно-ориентированное обучение по каждой задаче и лабораторной работе из стандартных традиционных сборников и учебников по физике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болонская декларация. http://www.spbu.ru/news/edusem/bol–dec.htm.
2. Козел С.М., Тихомиров Ю.В. Виртуальный практикум по физике. http://www.physicon.ru/; http://www.college.ru
3. Козел С.М. Открытая физика. Лабораторные работы по физике с компьютерными моделями. http://www.college.ru.
4. Поляков П.А., Поляков О.П. Анализ особенностей существенно нелинейных колебаний на примере компьютерной модели осциллятора Даффинга // Физическое образование в вузах. – 1998. – Т. 4. – № 3. – С. 125–127.
5. Югай К.Н. Диссоциация классического осциллятора Даффинга во внешнем бигармоническом поле // Известия вузов. Физика. – 1993. – № 2. – С. 50–53.
6. Югай К.Н. Нелинейные эффекты и динамический хаос в некоторых задачах оптики. Дис. ... д.ф.-м.н. – Омск, 1995. – 116 с.